Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. | 20 | 187–202 | München, 15. 12. 1980

Die glazialen und postglazialen Sedimente bei Pfraundorf im Altmühltal mit neuen Bohrungen und Zeitmarken auf der südlichen Frankenalb[1])

Von ALFRED FORSTMEYER*)

Mit 9 Abbildungen

Kurzfassung

In den Jahren 1973 bis 1979 wurden im Altmühlbereich von Pfraundorf bis Dollnstein 25 Bohrungen niedergebracht, die einen bisher nicht erreichten Einblick in die Riß-, Würm- sowie postglaziale Tal-Entwicklung geben. Drei unterscheidbare Schichten konnten über biogenetisches Fossilmaterial und C 14-Messungen datiert und mit anderen Fundstellen der südlichen Frankenalb korreliert werden. Die Talsande sind bereits im Riß nach dem Trockenfallen des Donaubettes in die Windschattengebiete transportiert worden.

Abstract

From 1973 to 1979, 25 bore holes had been sunk between Pfraundorf and Dollnstein in the Altmühltal. They give a not yet achieved insight into the development of the valley during Riß, Würm and Holocene. The distinguishable layers can be dated by biogenetic fossils and C 14 measurements and correlated with other localities of the southern Frankenalb. The wind-blown sands had already been transported to the wind-shadow-zones during the Riss after the drying up of the ancient Danube-bed.

1. Veranlassung

Unter der Projektleitung von Prof. Dr. Gerhard Mühle/Dachau und im Auftrag des Landratsamtes Eichstätt sollte bei Pfraundorf-Kratzmühle ein Erholungsschwerpunkt errichtet werden mit einem größeren See, Seeufergestaltungen für die verschiedensten Erholungsarten, Parkplätze, Bootsstege und Gaststätten. Um das Bade- und Angelwasser hochwertig zu erhalten, sollte der Wasserumschlag durch den Grundwasserstrom er-

---

[1]) Erweiterte Fassung eines Vortrages an der Universität Köln anläßlich der Tagung „Naturwissenschaftliche Methoden in der Archäologie“, Januar 1977.

*) Dipl.-Ing. A. FORSTMEYER, Min.-Rat a. D., Attenhofer Weg 6, 8547 Greding.

folgen. Das Erdbaulaboratorium Dr. Streim/Frankfurt/M. erhielt daher den Auftrag, durch eine größere Zahl von Bohrungen (18) bis in den Doggerbereich die Reynoldzahlen zu bestimmen, die einen periodischen Umschlag des Seeinhaltes gewährleisten. Zugleich war das Kiesvorkommen als solches festzustellen und die Beschaffenheit des Kieses nachzuweisen. Anfang 1973 begannen umfangreiche Baggerarbeiten, die das Gutachten bestätigen. Ständige Überwachung der Baggerarbeiten, Probenentnahmen aus den Kieshalden und Bergung speziellen Baggergutes erbrachten weitere Erkenntnisse, die über die Ergebnisse der Bohrungen hinausgingen.

Herrn Landrat Regler, Eichstätt, haben wir für die Erlaubnis, das Gutachten Dr. Streim zu verwerten, und Herrn H. Geiger, Pfraundorf, für jede Unterstützung bei der Bergung von Material während der Erdarbeiten von 1973 bis 1977 sehr herzlich zu danken.

2. Zur örtlichen Situation

Wie eine große Zahl von wieder begrünten Baggerstellen im Bereich Beilngries-Kinding zeigt, wird der Altmühltalboden durch Kiesentnahme seit längerer Zeit wirtschaftlich genutzt. Es war daher naheliegend, im Bereich Pfraundorf-Kratzmühle bereits vorhandene kleinere Aushubstellen durch eine Großentnahme zu einer 17 ha umfassenden Seefläche zusammenzufassen und Erholungszwecken zuzuführen. Im Lageplan (Abb. 1)

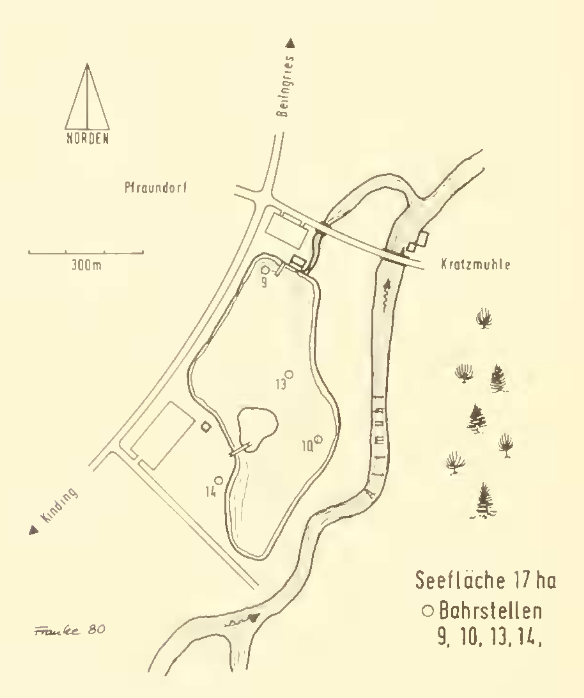


Abb. 1: Erholungsschwerpunkt Pfraundorf-Kratzmühle mit Parkplätzen, Bootsanlegestellen und Badeanlagen. Vier von insgesamt 18 Bohrpunkten sind eingetragen.

sind neben den Ufergestaltungen vier Bohrstellen von insgesamt 18 eingetragen. Sie ergeben ein ausreichendes Bild für die Beurteilung der örtlichen Situation und den Aufbau des Talbodens. Im Talprofil (Abb. 2) ist zugleich die den Osthang hochziehende Sanddüne verzeichnet, meist von weitem durch Kiefernbestand erkennbar. Sie wurde früher wirtschaftlich genutzt, dann aber durch Ausschieben von Terrassenstufen als Campingplatz hergerichtet. Die Sande enthielten eingeflossenen Hangschutt, dem Windschliffmuster entnommen werden konnten (FORSTMEYER & SCHNITZER 1974). Sie erwiesen sich damit als aeolisch transportierte Sande (siehe auch STREIM 1960).

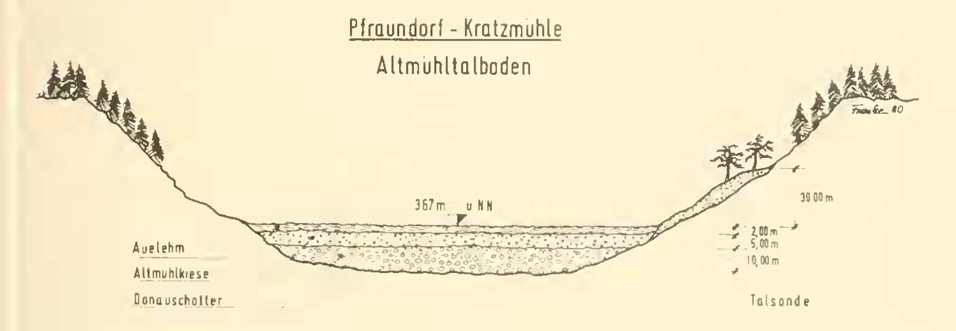


Abb. 2: Schema des Talprofils bei Pfraundorf-Kratzmühle mit der am Osthang hochziehenden Sanddüne.

3. Zur hydrogeologischen Situation

Nach STREIM (1972) besitzt das Tal im näheren Bereich ein Gefälle von etwa 1:500. Das Gesamtgefälle der Altmühl von etwa 0,6:1000 ist allerdings wesentlich kleiner. Der Grundwasserspiegel liegt ca. 0,7 bis 1,4 m unter Niveau und besitzt vom Fuß der Hanglagen nach Talmitte ein Gefälle von ca. 1:300. Er scheint vom Pegel der Altmühl unabhängig zu sein. Das Grundwasser besitzt daher zwei Komponenten, nämlich den Grundwasserstrom durch die Donau- und Altmühlkiese und die Einspeisung von Karstwasser aus den Weißjuraschichten oberhalb des hier ca. 3 m mächtigen Ornatentones (STREIM 1960). Die zirkulierenden harten Karstwässer in den aeolischen Talsanden sind auch für die Erhaltung von Windpolituren über lange Zeiträume mit verantwortlich. Die vorliegenden Windschliffmuster tragen vielfach Kalksinterkrusten (FORSTMEYER & SCHNITZER 1975).

4. Der Talboden

Der die Altmühlkiese überlagernde Talboden, in der Masse Auelehm von ca. 1,5 bis 2 m Stärke, zeigt eine ausgeprägte Gliederung, die interessante Aussagen für die holozäne Talentwicklung erlaubt. Dabei kam uns zustatten, daß zwei Schichten unmittelbar über den deutlich abgesetzten Altmühlkiesen Datierungen erlaubten. Die ca. 50 cm starke Schicht (Abb. 3) zeigt im Liegenden einen Bruchwaldtorf, wobei viele noch senkrecht

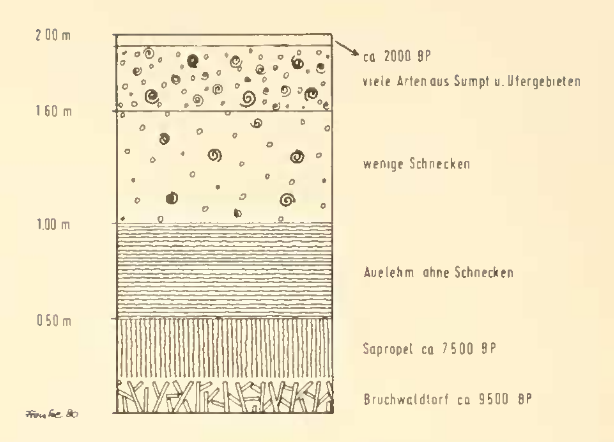


Abb. 3: Profil des Talbodens bei Pfraundorf mit fünf unterscheidbaren Schichten.

stehende Stiele auffallen. Herr Dr. SCHWEINGRUBER/Birmensdorf-Schweiz, Eidgenössische Anstalt für das staatl. Forstwesen, bestimmte die Holzarten mit Erle und Weide. Die C 14-Datierung durch Dr. BERDAU – Heidelberg (II. Physikalisches Institut) brachte C 14 = 8635 ± 75 Jahre B. P. Der darüber liegende tiefschwarze Sapropel ist teilweise in den Bruchwaldtorf eingeschwemmt (Abb. 4). Die Datierung ergab 6615 ± 100 Jahre B. P. Allgemein bringen C 14-Datierungen lediglich ein Mindestalter, d. h. auch nur geringe Kontamination mit jüngerem Material kann zu wesentlich jüngeren C 14-Daten führen. Dies dürfte in unserem Fall vorliegen. Der jüngere Sapropel hat den Bruchwaldtorf kontaminiert, aber auch Wurzelreste im Sapropel lassen auf die Kontamination mit jüngeren Pflanzen schließen. Beide Schichten dürften daher ca. 500 bis 1000 Jahre älter sein. Daß diese untersten Schichten in den Übergang Pleistozän–Holozän zu legen sind, ergibt sich aus C 14-Datierungen vom Euerwanger Bühl. Die Auswertung eines verstürzten Paläo-Höhlensystems für Straßenbauzwecke brachte in den oberen Fundschichten gut erhaltene Holzkohle. Die C 14-Datierung durch Dr. BERDAU, Heidelberg, brachte frühholozäne Schichten mit 9790 ± 100 Jahre B. P. Die Baumartenbestimmung (Dr. SCHWEINGRUBER, Birmensdorf) ergab Föhre, Weide, Birke, Hasel sowie die ersten anspruchsvollen Laubbäume, also eine fortgeschrittene Pflanzenwelt wie auch in Pfraundorf. Auch die Groß- und Kleinfauna (v. KOENIGSWALD 1975), Schnecken (RÄHLE 1975) und Schlangen (MARKERT 1975) sowie die Jurahornstein-Industrie (H. MÜLLERBECK, persönliche Mitteilung) stimmen mit den C 14-Daten überein. Der Sapropel zeigt einen Glühverlust von 20% (Geolog. Institut Erlangen, siehe auch SCHNITZER & SCHWAB 1975). Herr Dr. MADLER vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung übernahm freundlicherweise die Pollenanalyse am Sapropel, wofür wir zu danken haben.

Kleine Kugelalgen (nicht näher bestimmbar)



Abb. 4: Bruchwaldtorf (Erle, Weide) und Sapropel auf Altmühlkiesen.

Botryococcus-Algenkolonien
Luftsackpollen cf. *Abies*
Angiospermenpollen cf. *Betula,* cf. *Tilia*
Kutikulae
Holzsplitter in Auflösung begriffen (vermutlich die bereits erwähnten Wurzelreste).

Gleichgelagerte unterste Talbodenschichten fanden sich vor Badanhausen unweit Beilngries, in Kipfenberg und Arnsberg bei der Errichtung von Kläranlagen. Bruchwaldtorf und Sapropel lassen auf eine ausgeglichene Klimaphase über mindestens 2000 Jahre schließen. Erle-Weide-Bewuchs unmittelbar auf den würmzeitlichen Altmühlkiesen setzt in dieser Phase geringfügige Talüberflutung voraus. Sapropele entstehen in sauerstoffarmen stehenden Gewässern. Es muß zu einigen größeren Überflutungen über die ganze Talbreite gekommen sein, die den Baumbestand vernichtete. Andererseits entstehen Sapropele nur in längeren Zeiträumen vornehmlich durch Einflug von Pollen, so daß die Überflutung keinen periodischen Charakter gehabt haben dürfte, jedoch kann auch ein hoher Grundwasserspiegel zur Situation beigetragen haben.

Dieses Bild ändert sich im weiteren Aufbau der Auensedimente. Von 50 cm bis 1 m (Abb. 3) folgt ein Auenlehm ohne jeden organischen Einschluß einschließlich Malakofaunen. Waren bis dahin Überflutungen ein seltenes Ereignis, so ändert sich die Situation völlig. Talweite Überflutungen, verbunden mit der Ablagerung von Flußtrüben in großen Massen werden zur Regel und verhindern den stärkeren Bewuchs des Talbodens. Wie bereits erwähnt, enthält das Sapropel Wurzelreste, was auf einen mindestens gerin-

gen Bewuchs der Auenlehmschichten schließen läßt. Für das Fehlen von Holzresten dürften die schlechteren Konservierungsbedingungen verantwortlich sein, die im und unter dem Sapropel in idealer Weise gegeben waren. Das Fehlen der Malakofaunen läßt sich aus der Häufigkeit der Überflutungen erklären. Sie müßten den Zyklus von der Ablage der Eier bis zur Erreichung der Geschlechtsreife (zwischen 3 und 5 Sommermonaten) unterbrochen haben. (Für freundliche Hinweise habe ich Herrn Prof. Dr. Dehm, München, sehr herzlich zu danken).

Becker (1975) verfügt über eine Sequenz von subfossilen Eichen aus den Donauufern über ca. 9000 Jahre Holozänentwicklung, zu denen wir eine in die Abfolge passende Eiche liefern konnten. Bei der Ablagerung der Eichen lassen sich drei Phasen der Akkumulation-Erosion und Akkumulation im Holozän unterscheiden, was auf starke klimatische Änderungen schließen läßt. Auf „geradezu extreme Züge" der holozänen Binnenlandentwicklung verweist Brunnacker (1975), wobei auf die Bedeutung der Engtalzonen verwiesen wird, die in unserem Fall in Eichstätt vorliegt. Dieses Bild ändert sich in der folgenden ca. 1 m starken Schicht (Abb. 3). Herrn Dr. W. Rähle, Institut für Biologie III der Universität Tübingen, konnten wir Bodenproben von 10 zu 10 cm mit Schneckengehäusen zur Verfügung stellen. Die freundlicherweise durchgeführte Auswertung ist für die Entwicklung des Talbodens interessant. 1 m bis 1,60 m: *Succinea oblonga*, *Doreceas* sp., *Vallonia pulchella*, *Bithynia tentaculata*, d. h. wenige vornehmlich euryöke Arten. Lediglich *Bithynia* als Wasserschnecke verrät zeitweise stehendes Gewässer oder die Uferpartien der Altmühl.

Ab 1,60 m bis 2 m erhöht sich die Artenzahl beträchtlich und streut zwischen 7 und 10 Arten pro Dezimeter. Es handelt sich dabei um einen freien Schneckenbiotop von den euryöken Arten, Bewohnern von offenem Gelände, ausgesprochen feucht aber auch trocken, Bewohnern von Sumpf- und Uferbiotopen und ausgesprochenen Wasserschnecken, insgesamt 18 Arten.

Wir möchten auf eine sehr wechselhafte Talgeschichte schließen, jedoch immer verbunden mit einem starken Materialtransport in regelmäßigen weitflächigen Überschwemmungen. Dafür mögen winterliche Treibeisbarrieren in der Talenge Eichstätt besonders verantwortlich sein, jedoch auch der Zufluß von Schwarzach, Heimbach und Anlauter.

Diese Entwicklung fand vor ca. 2700 Jahren ihr Ende. Die landwirtschaftliche Nutzung und Besiedelung des Talbodens ist belegt durch römische Villen und Kastellanlagen (Oberlehrer Gäck/Böhming) ebenso wie durch Kulturreste aus der Hallstatt- und Latènezeit. Die Anlage des Erholungszentrums über die volle Breite des Talbodens beweist, daß wir uns vor überraschenden „Katastrophenwässern" (v. Freyberg 1964) sicher fühlen können. Dies muß nicht unbedingt so sein.

Archivar Brun Appel/Eichstätt zog freundlicherweise die Hochwasser in der Talenge in den letzten 200 Jahren aus. Es kommt periodisch zu Überschwemmungen der tiefer gelegenen Stadtteile von Eichstätt, letztmals 1970 und in der Mitte der fünfziger Jahre. Sie liegen in der Regel in den Wintermonaten und sind mit starken Eisgängen verbunden. So berichtet F. X. Lang: „Außer 1748 (Feb. 28) hat es noch 1789 (Jänner 29) eine mit von so großen Eisgängen begleitete Überschwemmung gegeben, daß das Wasser in den der Altmühl nahe gelegenen Gassen 5 bis 6 Schuh (ca. 1,8 m) hoch über die Erde stand und ungeheuren Schaden anrichtete."

Auch die von der obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (Ministerialrat HEYENBROCK) freundlicherweise überlassenen Überschwemmungsgrenzen zeigen im Engtal Neuburg a. d. Donau in den Jahren 1826 bis 1926 115 Überschreitungen des Grenzpegelstandes von 260 cm, wobei 1833 523 cm erreicht werden. Ähnlich hohe Ausuferungen finden wir bei Kelheim (545 cm) und Regensburg (530 cm) als vornehmlich winterliche Ereignisse. Bei Neuburg führte dies zu Überläufen in das Wellheimer Tal, das das alte Gefälle zeigt. Jedoch verhindern heute alte Volldämme den Überlauf bei Steppberg auch bei Überschreitung der Grenzpegelstände von 3 m. In der spätglazialen und postglazialen Entwicklung dürften sich Donauüberläufe, die dem alten Talbett gefolgt sind, sehr wohl ereignet haben.

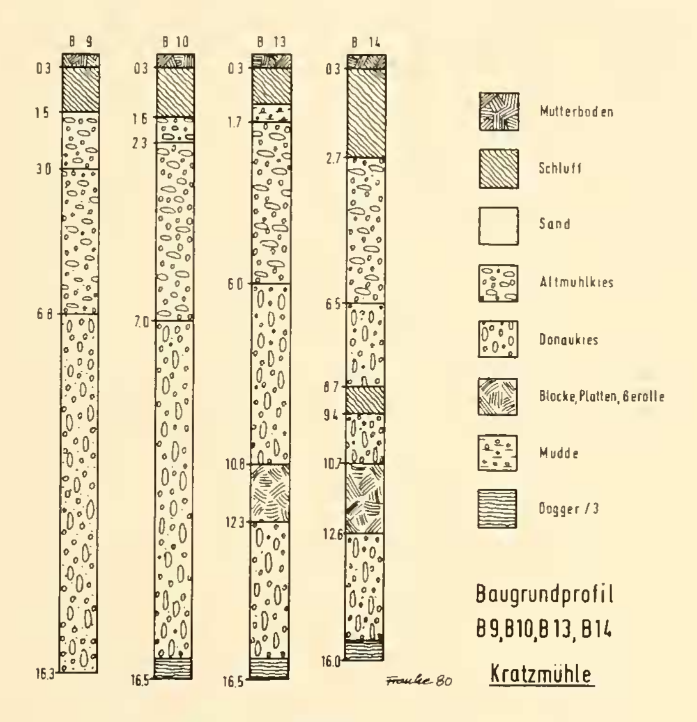


Abb. 5: Vier von 18 Baugrundprofilen von Kratzmühle. Vgl. Abb. 1.

5. Die Altmühlkiese

Die Bohrprofile (Abb. 5) zeigen einen einheitlichen Charakter, wenn man von den wenigen mächtigen Talrändern absieht. Unter dem holozänen Auensediment – Schluffe von 1 m bis max. 2,7 m Mächtigkeit – zeigt sich ein Schichtpaket von durchschnittlich 5 m Stärke aus sogenannten Altmühlkiesen. Es handelt sich dabei in der Hauptsache um feinplattigen transportgerundeten Kalkschutt, wie er nur in der näheren Umgebung (Gungolding bis Eichstätt) zu finden ist. Während das obere Grenzgebiet (z. B. Bohrung B 10) Schluffanteile aufgenommen hat, enthalten die Altmühlkiese aufgearbeitete Grob-

sande und Feinkiese der Donau mit Radiolaritanteilen. Feinsande fehlen entweder ganz oder sie sind nur in sehr kleinen Prozentsätzen vorhanden, wie die Körnungskurven (Abb. 6 + 7) zeigen. Im Gespräch vermutete Herr Dr. Streim, daß das ungewöhnliche Fehlen von Feinsanden und Schluffen auf einen Fehler der Bohrfirma zurückzuführen sein müßte. Jedoch ergab die ständige Überprüfung der Baggerhalden, daß Feinsande und Schluffe nicht vertreten waren, worauf wir noch zurückkommen. Die Durchmischung der Altmühlkiese muß auf relativ kurzem Transportweg aus dem Raume Eichstätt-Dollnstein erfolgt sein. Das Normalwasser der Altmühl vermochte dies nicht.

Eine große Zahl von Driftblöcken aus dem benachbarten Weißjurabereich, unter eiszeitlichen Verhältnissen bis in Talmitte transportiert, aber auch hart versinterter feiner Kalkschutt (Bergkies) erschwerten die Bohrungen bzw. zwangen zum Abbruch. Es war dabei besonders interessant, daß die Fa. Geiger/Pfraundorf aus den tiefsten Schichten, d. h. aus dem Übergangsbereich zu den Donaukiesen in etwa 7 m Tiefe eine größere Zahl – ca. 20 – viele hundert kg schwere Blöcke mit ausgeprägten Windschliffmustern bergen konnte. Sie bestehen aus Treuchtlinger Marmor (Weißjura ß), aber auch aus Kreidequarziten von beträchtlichem Ausmaß. Wir möchten daraus schließen, daß die Windschliffe in den Talsanden (FORSTMEYER & SCHNITZER 1974, 1976) und auf dem alten Donauhorizont ein gleichzeitiges und eiszeitliches Ereignis sind.

Theoretisch könnte dieses Schichtpaket von 5 m im Riß II, im Riß-Würm-Interglazial (Eem-Warmzeit) aber auch im Würm entstanden sein. Auch diese Frage ließ sich durch die ständige Überwachung beantworten. Aus einer Tiefe von ca. 6 m, d. h. etwa 1 m über den Donaukiesen, kamen ca. 120 Großfaunareste einer eiszeitlichen Tierwelt zutage mit Mammut (10 Molare), Ren, Bison, Pferd, Hirsch und Höhlenbär. Daß es sich

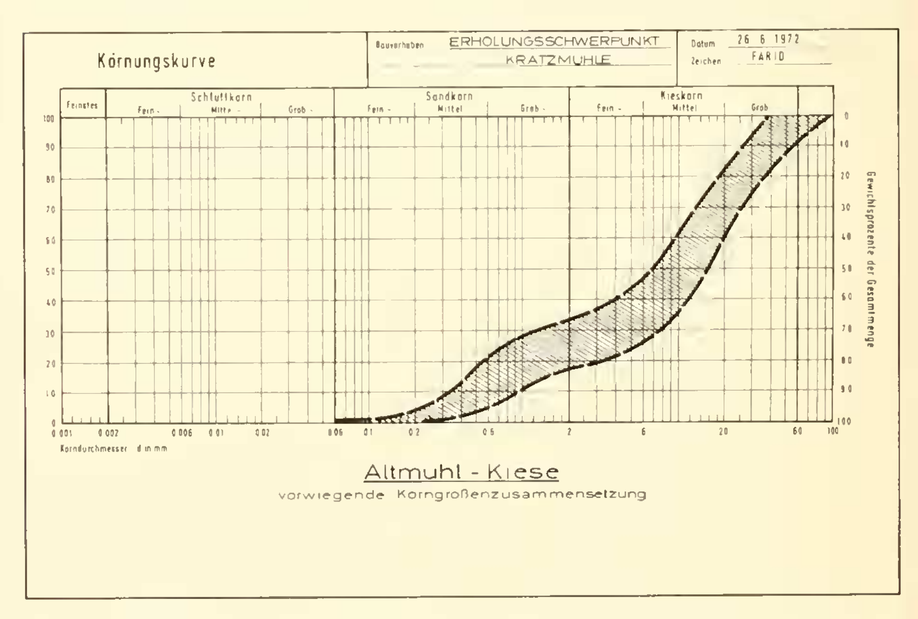


Abb. 6: Körnungskurven der Altmühlkiese aus 18 Bohrungen bei Pfraundorf-Kratzmühle (aus Gutachten Dr. Streim, Frankfurt/M. 1972).

um die Jagdbeute des Menschen handelt, ergibt sich aus einer Feuerstellen-Einfassung aus 4 zerbrochenen Mammutstoßzähnen mit zahlreichen Brandspuren und einer starken Schicht Holzschwelteer. Der gute Erhaltungszustand der durch Brandeinwirkung rissig gewordenen Mammutstoßzähne sowie die Verteilung auf einer Fläche von ca. 10×10 m (1977) ist nur verständlich, wenn die sogenannten Altmühlkiese als Schwemmfächer den Jagdplatz des Menschen überschoben haben. Gut erhaltene Faunareste sind auch an anderen Stellen bei Kiesentnahmen zutage gekommen. Alle Knochen tragen unverbissene Gelenke. Es liegen 5 bearbeitete Knochen bzw. Hirschgeweihe vor. Die Fundstelle liegt zwischen den Bohrungen B 7 und B 13. Damit erweist sich dieses Schichtpaket als würmzeitlich. Dabei legt die Tiefe ca. 1 m über den risszeitlichen Schottern, das Würm I nahe, also etwa 50000 bis 60000 Jahre vor heute. Das Interstadial, ca. 20000 bis 40000 vor heute, galt auf Grund der geringen Sinterbildung in Höhlen als warm-trocken und wäre damit für eine kaltzeitliche Fauna auszuschließen. Neuere Untersuchungen durch v. KOENIGSWALD (1978) im Altmühltal oberhalb Kemathen und aus dem Euerwanger Bühl vermitteln jedoch ein anderes Bild. Fünf C 14-Datierungen aus Großfaunaresten liegen zwischen 24403 ± 326 B.P. und 43910 ± 3880 B. P., darunter die fossilreichen Schichten b_1 = 30910 ± 660 und b_2 = 33383 ± 933 B.P. Sie vermitteln eine kaltzeitliche Groß- und Kleinfauna, wobei die Kleinfauna einen Anteil intermediärer Arten enthält. Selbst wenn Kontamination, d. h. der Einfluß jüngerer Kohlensäure, wirksam geworden ist, verbleiben wir innerhalb des Interstadials. Eine C 14-Datierung vom Euerwanger Bühl mit der Datierung an kaltzeitlich geprägter Kleinfauna ergab 26500 ± 800 B.P. Wie v. KOENIGSWALD (1975) zeigen konnte, ist in 10 Höhlensedimenten der Schwäbisch-Fränkischen Alb das gleiche Bild mindestens bezüglich der Großfauna zu verzeichnen, indem z. B. *Rangifer tarandus* immer vertreten ist. Wir möchten daraus schließen, daß das Interstadial kühltrocken ist. Damit kann der Jagdplatz aus den tiefen Schichten auch in das frühe Interstadial eingeordnet werden, jedoch macht die große Tiefe das Würm I wahrscheinlicher.

6. Die Donaukiese

Soweit die Bohrungen nicht die Talränder berühren, besitzen die Donaukiese eine Mächtigkeit von ca. 10 m. Bis zur Berührung des Dogger wird damit eine Gesamtstärke der Talfüllung von ca. 16–17 m erreicht (Abb. 5). Es ist in diesem Zusammenhang interessant, daß v. FREYBERG (1964) drei ältere Bohrungen im Talboden von Eichstätt erwähnt, die Aufschüttungen über dem Anstehenden von ebenfalls 17 m bringen. Erstaunlicherweise fehlt auch in den in einer Tiefe von 6,5÷7,5 m beginnenden Donaukiesen, wie die Körnungskurven (Abb. 6+7) zeigen, die Feinsande und Schluffe. Sie sind auf dem Transportweg aus dem Eichstätter Raum von ca. 35 km während des Riß ausgeblasen und in den Windschattengebieten abgelagert worden, was zugleich die Umwälzung des Geschiebes voraussetzt. Es ist verständlich, daß auch im Bereich der Donaukiese „Kalksteinblöcke, -platten und Gerölle“ eingelagert sind und die Bohrungen erschweren.

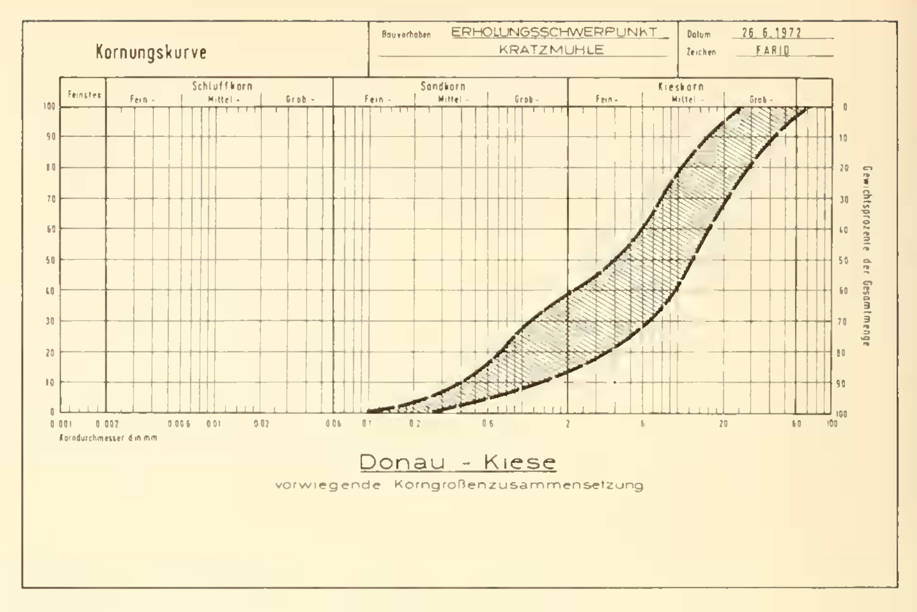


Abb. 7: Körnungskurven der Donaukiese aus 18 Bohrungen bei Pfraundorf-Kratzmühle (aus Gutachten Dr. Streim, Frankfurt/M. 1972).

7. Der Eemboden

Bei allen Baugrundprofilen fällt nun der unvermittelte Übergang der würmzeitlichen Altmühlkiese zu den Donauskiesen auf. Im Holozän kommt es in nur ca. 6500 Jahren zu 2 m Sedimentablagerung. Die Eem-Warmzeit (Riß–Würm-Interglazial) mit ca. 30000 bis 40000 Jahren Dauer müßte ebenfalls einen starken Talboden gebildet haben, sofern die Gesamtsituation mit dem Holozän vergleichbar ist. Aus vielfachen Gründen wird allerdings (Schwarzbach 1974) die mittlere Jahrestemperatur im Eem um 2–3° höher als im Holozän angenommen. Sowohl die Bohrungen als auch die Baggerarbeiten brachten jedoch auch in dieser Hinsicht eine Antwort. So werden zwischengeschaltete Schluffschichten von 30–70 cm sowohl im Bereich der Altmühlkiese als in den oberen Schichten der Donaukiese vermerkt. Umfangreiche Aufwendungen mußte jedoch die Fa. Geiger durchführen. Für den vorgesehenen Verwendungszweck der Kiesentnahme waren größere Mengen lehmig-tonigen Materials nicht erlaubt. Es stand daher während drei Jahren ein Mann ständig auf der Halde und beobachtete das Schüttgut beim Auswurf. Er achtete auf Schluffkörper von 3–10 Liter Größe, die ausgesondert wurden. Bei dieser Gelegenheit fanden sich die Faunareste, da das Schüttgut breit auseinander gezogen werden mußte. Die schluffige Substanz zeigte unterschiedliche Färbung von braunschwarz, braun, braungelb bis grau. Sie roch z. T. faulig, was im holozänen Talboden nicht festzustellen war.

Wir möchten daraus schließen, daß der Eemboden vorhanden war. Die 2–3° höhere mittlere Jahrestemperatur führte zu einem ausgeglichenen Klima, das wesentlich seltener

zu Treibeisbarrieren in der Engtalzone Eichstätt führte, so daß die Ablagerungen aus Flußtrübe durch die träge fließende Altmühl erfolgten. Diese schwache Talbodenbildung im Eem ist im Würm zerstört und in die Kiese eingemischt worden.

8. Zur Windrichtung

Im Zusammenhang mit der Ausblasung der Flußsande interessiert auch die Vorzugswindrichtung während der vornehmlich eiszeitlichen Talentwicklung. Dabei können wir von folgenden Beobachtungen ausgehen:

a) Die Talsande werden vornehmlich in die Windschattengebiete transportiert. Sie zeigen in den von S nach N verlaufenden Teilen des Altmühltales z. B. auf der Strecke Kipfenberg–Kinding nach NE, selbst Hochsande bei Schloß Arnsberg sind wie im Tal bis 30 mm hoch gegen NNE transportiert.
b) Alle in situ entnommenen Windschliffmuster sind aus SSW von Sanden beaufschlagt. Kubikmeter große Blöcke sind mit einer Prallwand versehen, aus der verrundete Kuppen die Teilung der Luftströmung verraten (Muster im Museum Greding).
c) Zum eiszeitlichen Geschehen gehört gleichzeitig der Transport von Lössen und ihre Ablagerung. Nach G. Wagner (1960) werden sie von SSW nach NNE in die Windschattengebiete hinter Kuppen und Erhebungen transportiert und abgelagert. Bei umfangreichen Geländbegehungen und Entnahme von einigen hundert Proben hat sich die Wagnersche Aussage voll bestätigt. Es darf uns nicht stören, daß diese Flächen hinter dem Euerwanger Bühl, Sulzbuck, hoher Fels und Gredinger Berg bei der geologischen Kartierung als tertiär bezeichnet werden. Bei einem mittleren Niederschlag von 1000 mm im Jahr sind seit dem späten Tertiär von ca. 10 Mio Jahren auf den m^2 zehn Mio Tonnen Wasser niedergegangen bzw. ist eine Wassersäule von 10000 km Höhe zur Auswirkung gekommen. Wir finden daher tertiäre Roterden nur noch in tiefe Spalten eingeschwemmt oder in abflußlosen Senken.
d) Das gleichzeitige Ereignis von Sand- und Lösstransport ist vielfach an frisch entnommenen Windschliffmustern zu erkennen. Bei der Entnahme sind Grübchen und Rillen mit hoch kalkhaltigen Schluffen gefüllt. Sie haben wesentlich zur Erhaltung von Schliff und Politur beigetragen.
e) Die Vorzugswindrichtung aus SSW, d. h. Fallwinde von der Gletscherfront prägen die Sandauswehungen auch zu früheren Eiszeiten. Auf dem Westufer der Altmühl bei Arnsberg wird eine altpleistozäne Schotterterrasse wirtschaftlich genutzt. Auch hier sind Sande und Schluffe aus SSW auf die alte Uferpartie gelagert und enthalten vielfach Windschliffe, auch an Kalken im besten Erhaltungszustand. Das Tal besitzt an dieser Stelle eine Breite von ca. 700 m (SSW nach NNE), so daß die Fallwinde von der Gletscherfront voll zur Wirkung kamen. In situ entnommene Stücke sind aus dieser Richtung anpoliert.

9. Zur Stratigraphie der Flugsande

In den letzten Jahren wurde im Anschluß an die bereits behandelte Sandgrube Ilbling I (1974) ein weiterer Aufschluß Ilbling II durch die Fa. Geiger/Pfraundorf wirtschaftlich genutzt. Um die Qualität der Sande, aber auch die Tiefe der möglichen Ausbeutung festzustellen, brachte die Autobahndirektion Nürnberg 5 Bohrungen (Abb. 8) nieder. Sie erreichten eine Tiefe von 13 m unter die Oberfläche der alten Ackerfläche (Schichtlinie 380 m). 2 Bohrungen in der Nähe der Straße Kinding-Kipfenberg (Schichtlinie 378 m) führen in eine Tiefe von 365 m über NN, während der heutige Talboden bei 372 m liegt.

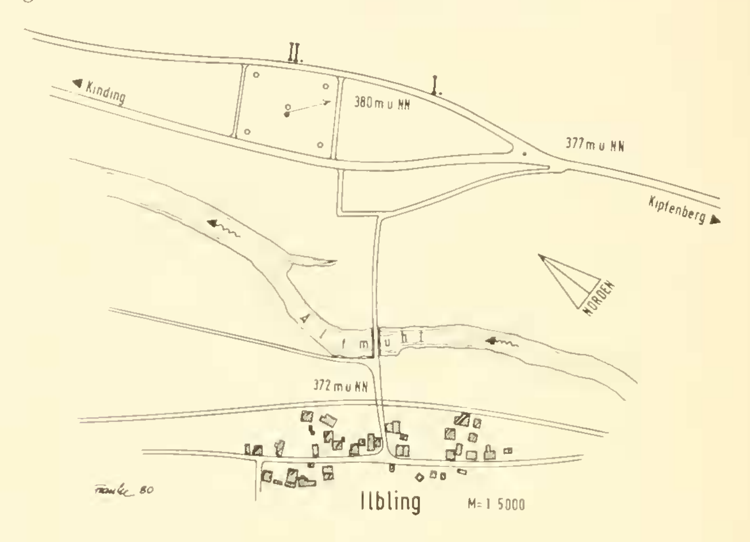


Abb. 8: Lage von 5 Bohrungen und Sandentnahme I und II bei Ilbling im Altmühltal.

Da der Talboden ca. 2 m und der Altmühl-Schwemmfächer ca. 5 m ausmachen, wurde das Niveau der alten Donaukiese erreicht. Die Bohrung, für deren Bearbeitung wir Herrn Dipl.-Geologen Gauckler zu danken haben, ergab überraschende Befunde. Die Bohrkerne brachten in der vollen Tiefe (365 m) Feinsande, Schluffe und Schlufflinsen, jedoch keine Donaukiese am östlichen Talrand. Sofern es zu späteren Akkumulationen gekommen wäre mit teilweisen Ablagerungen von fluviatilen Sanden, mußten Grobsande und Feinkiese auftreten. Die von der Fa. Geiger/Pfraundorf freundlicherweise überlassene Kornverteilungslinie (Abb. 9) verbleibt im Bereich der Schluffe und Feinsande und zeigt den Verbleib der in den Streimschen Kurven fehlenden Substanz.

Sowohl in Ilbling I (1970, Fa. Arge, Herr Stummvoll) als auch in Ilbling II wurde der Grundwasserspiegel bei der Sandentnahme großflächig unterschritten. Feinkiese und Grobsande der Donau konnten in beiden Aufschlüssen nicht festgestellt werden. Nach dem Trockenfallen des Donaubettes wurde bei relativ geringen Windstärken zunächst die Feinsubstanz ausgeblasen. Der auch in dieser Tiefe anzutreffende Kalkschutt vom hohen Hang, vornehmlich am Ausgang von Runsen, zeigt Windschliffmuster. Es ist in diesem

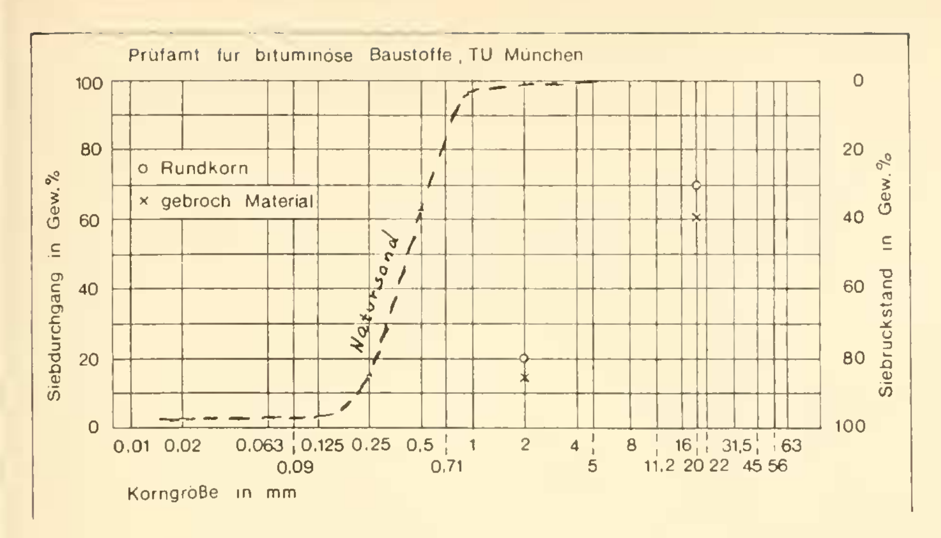


Abb. 9: Körnungskurve der aeolischen Talsande bei Ilbling II.

Zusammenhang bemerkenswert, daß sich in beiden Aufschlüssen I und II auf der Höhe der Düne ein Zentimeter starkes Band von Grobsanden befindet, als letztes aus dem Donaubett ausgeblasenes Material.

Wie in den früheren großen Aufschlüssen wurde auch hier vergeblich auf humose Bänder, fossiles Tier- und Pflanzenmaterial oder Diskordanzen geachtet, die bei geringem Sandtransport im Würm als eemzeitliche Einlagerungen zu finden sein mußten.

10. Der Talboden im Wellheimer Tal

Bei unseren früheren Windschliffuntersuchungen (Forstmeyer & Schnitzer 1974, 1975) konnten wir südlich Dollnstein am Westhang des Torleitenberges ca. 30 m hochgewehte Talsande mit Windschliffmustern bis zu Kubikmeter-Größe feststellen. Wir haben Herrn Prof. Mühle/Dachau für den Hinweis auf neuere Bohrungen im benachbarten Talboden zu danken. Es war versucht worden, Grundwasserbrunnen bei einer größeren Erholungsanlage niederzubringen, die unter dem Talboden (ca. 2–3 m) fündig werden sollten. Sie wurden in ca. 9 m Tiefe ergebnislos abgebrochen. Die Talbodenbildung mit Lehmen, Torfen und Sapropel erwies sich als außergewöhnlich mächtig. Dies entspricht früheren Untersuchungen in der Nähe der Weinberghöhlen bei Mauern durch Bohmers (1938) und Müller-Beck (1975). Nach zweimaligen Untersuchungen sind die Talbodenschichten nicht allein im Holozän, sondern auch während der gesamten Würmvereisung entstanden.

Damit muß die Talsandauswehung bei Dollnstein zu einem früheren Zeitpunkt erfolgt sein. Der Wind kommt aus SSW wie anderwärts, d. h. es handelt sich ebenfalls um ein eiszeitliches Ereignis, was auch hier die Rißvereisung nahelegt. Die Ursache der außergewöhnlich starken Talbodenbildung dürfte in periodischen Überflutungen durch Treibeisbarrieren in der Engtalzone Neuburg/Donau zu suchen sein.

11. Zur Zeitstellung der Talsande

Das im Riß I trockengefallene Flußbett der Donau-Altmühl muß primär starke Sandmassen längs der Uferpartien aufgewiesen haben (TILLMANNS 1977). Sie ergeben sich auch aus den äolisch transportierten Sanden in die Windschattengebiete in Verbindung mit einer Massenschätzung von ca. 100 Mio Tonnen (FORSTMEYER & SCHNITZER 1974). Die windgeschliffenen Driftblöcke bei Pfraundorf sind zwar ein sicheres Zeichen für ein längere Zeit trockengefallenes Flußbett, jedoch können auch die von W. STREIM nachgewiesenen Grobsande den Effekt verursacht haben, ohne daß eine Beziehung zum Ausblasen der Feinsande hergestellt werden kann. Es ist daher zweckmäßig, weitere Zeitmarken festzuhalten.

a) Nach WHITNEY & DIETRICH (1973) entstehen Schliff und Politur nur auf vegetationslosen Flächen bei Windgeschwindigkeiten von ca. 4,5 m–9 m/sec., was auch unseren Erfahrungen entspricht. Dabei reicht die kinetische Energie selbst kleinster Partikel (Schluffe) aus, um die chemischen Bindungen auch an hartem Gestein wie Dolomit, Quarze, Quarzite usw. zu lösen. Wenn die Sande und Schluffe der Uferpartien längere Zeit verblieben wären, hätte auch ein eiszeitlicher Tundrabewuchs den Windtransport verhindert. Dies macht die baldige Umlagerung der Sande erforderlich. Ein aufgelagerter Eemboden erlaubt keinen Transport von Talsanden.

b) W. A. SCHNITZER konnte einen Pferdekiefer aus den tieferen Schichten der Talsande bei Arnsberg sicherstellen, die wie auch anderwärts windgeschliffenes Material enthielten. HELLER (1973) verglich diesen Kiefer mit einem Pferdekiefer aus dem Paläohöhlensystem Euerwanger Bühl. Er entstammt tiefen risszeitlichen Schichten. HELLER fand, daß es sich um das gleiche Pferd handelt. Dr. SCHROEDER, Yale University, führte freundlicherweise an Laufknochen von Pferd aus ca. 30 m Tiefe des Euerwanger Bühl Eiweißrazimation durch. Bei einer Höhe von NN von 570 m und einer mittleren Jahrestemperatur (Riß II, Eem, Würm und Holozän) von 2,5°C (SCHWARZBACH 1974) ergab sich ein Alter von ca. 150000 Jahren, d. h. aber frühes Riß, in dem auch die Donau nach S gelenkt wird.

c) In den tiefen Schichten der Sandgrube Ilbling (Ost) fanden sich, ebenfalls zusammen mit Windschliffmustern, Reste eines Kleinrens, das bisher in Deutschland noch nicht nachgewiesen werden konnte. Das gleiche Ren fand sich in größerer Zahl auf dem Euerwanger Bühl. C 14-Datierungen von Dr. BERDAU, Heidelberg, brachten ≥ 40000, d. h. aber das Ende der C 14-Methode. An einer Stelle (T 8) waren die Renknochen überlagert von Rotlehm, dem eine 10 cm starke Sinterplatte aufgelagert war. Prof. GEYH, Hannover, bestimmte das Ende der Sinterbildung mit C 14 = 32580 ± 700 Jahre B. P. Da jedoch 10 cm Sinter nur in längeren (50 bis 100000 Jahre) Zeiträumen, vornehmlich aber in Warmzeiten entstehen und auch der Rotlehm nur in einer niederschlagsreichen Zeit eingeschwemmt sein kann, haben sich die Renreste sowie eine umfangreiche Kollektion von Pferd, Bovide und Mammut im Eem bereits in den tiefen Schichten des Euerwanger Bühl befunden und stammen damit aus der Rißvereisung.

d) Insgesamt 30 m hohe Sanddünen wie in Ilbling, Grögling und am Wolfsberg verbleiben in 10 und 20 m hohen Aufschlüssen ohne Diskordanz, Kreuzschichtungen und Dunkelfärbungen, die einem Eemboden entsprechen würden. Wir können daraus nur auf ein einmaliges Ereignis unter ganz speziellen Bedingungen schließen. Zu den wirk-

sam gewordenen Faktoren gehört ein benachbarter überdeckungsfreier Sandvorrat und eine einheitliche Windrichtung. In Ilbling sind zwei starke (1,5 m) Fließerden (FORSTMEYER & SCHNITZER 1974) eingeflossen. Fließerden aus Kalkschutt aber auch in anderer Form entsprechen im allgemeinen einer Hauptphase der Vereisung. Allgemein können wir auf schnelles Ausblasen der Sande nach dem Trockenfallen des Flußbettes, d. h. auf frühes Riß schließen.

Absolutdatierungen auf der südlichen Frankenalb

Pfraundorf-Kratzmühle/Altmühltal unter Auelehm

Bruchwaldtorf	H 3814–3037	C 14 = 8635 ± 75 B.P.
Sapropel	H 3815–3028	C 14 = 6615 ± 100 B.P.

Paläohöhlensystem Euerwanger Bühl bei Greding

Holzkohle	H 4047–3192	C 14 = 8760 ± 100 B.P.
Holzkohle	H 3604–2751	C 14 = 9190 ± 90 B.P.
Holzkohle	H 3605–2760	C 14 = 9390 ± 190 B.P.
Holzkohle	H 3603–2759	C 14 = 9790 ± 100 B.P.
Knochen	H 3601–2785	C 14 ≧ 40000 B.P.
Sinter 10 cm Ende der Bildung	H 4695	C 14 = 32580 ± 700 B.P.
Kleinfauna kaltzeitlich geprägt	H 4278–3225	C 14 = 26500 ± 800 B.P.

Höhlchen Kemathen, Altmühltal

Knochen Kaltzeitlicher Großfauna	H 4153–3369	C 14 = 24403 ± 326 B.P.
	H 4154–3371	C 14 = 30084 ± 600 B.P.
	H 4150–3363	C 14 = 30910 ± 660 B.P.
	H 4151–3365	C 14 = 33383 ± 933 B.P.
	H 4229–3368	C 14 = 43920 ± 3830 B.P.

Eiweißrazimation Dr. Schroeder, Yale University, New Haven, USA:
Pferdeknochen Euerwanger Bühl, 30 m tiefe Schichten
150000 Jahre ± 20 % bei 2,5° C mittlerer Temperatur

Herrn Dr. Günther Viohl, Oberkonservator am Juramuseum Eichstätt, habe ich für die Durchsicht des Manuskripts und nützliche Hinweise sehr herzlich zu danken.

Schriftenverzeichnis

BECKER, B. (1975): Dendrochronological Observations on the Postglazial River Aggraduation in the Southern Part of Central Europe. – Bull. Geol., ; Warszawa.

BOHMERS, A. (1938): Die Höhlen von Mauern. – Quartär, ;

BRUNNACKER, K. (1975): Aktivierungen des fluviatilen Geschehens im Holozän nördlich der Alpen. – Bull. Geol., ; Warzsawa.

FORSTMEYER, A. & SCHNITZER, W. A. (1974): Windschliffe an Malmkalken, Donauschottern und Windkanterhorizonte in Flugsanden des Altmühltales. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh. (11); Stuttgart.

FORSTMEYER, A. & SCHNITZER, W. A. (1976): Dolomit-Ventifacts in Flugsanden des Altmühltales. – Natur u. Mensch, Jahresmitt. (1975) NHG Nürnberg.

FREYBERG, B. v. (1964): Geologie des Weißen Jura zwischen Eichstätt und Neuburg/Donau. – Erlanger geol. Abh., **54**; Erlangen.

HELLER, F. (1973): Zwei Pferdeunterkiefer aus dem Pleistozän der südlichen Frankenalb. – Quartär, **23/24**; Bonn.

KOENIGSWALD, W. v. (1978): Die Säugetierfauna des Mittel-Würms aus der Kematenhöhle im Altmühltal (Bayern). – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., **18**; München.

KOENIGSWALD, W. v & MÜLLER-BECK, H.-J. (1975): Das Pleistozän der Weinberghöhlen bei Mauern (Bayern). – Quartär, **26**; Bonn.

KOENIGSWALD, W. v. & RÄHLE, W. (1975): Jungpleistozäne und altholozäne Fauna (Gastropoda u. Mammalia) vom Euerwanger Bühl b. Greding. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **26**; Öhringen.

MARKERT, D. (1975): Schlüssel zur Bestimmung der Wirbel süddeutscher Ophidier und dessen Anwendung auf pleistozän/holozänes Reptilmaterial aus dem Euerwanger Bühl (Franken). – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **149**; Stuttgart.

SCHNITZER, W. A. (1965): Geologie des Weißen Jura auf den Blättern Kipfenberg-Gaimersheim. – Erlanger geol. Abh., **57**; Erlangen.

SCHNITZER, W. A. (1975): Neue Möglichkeiten erdgeschichtlicher Forschung mit Hilfe des Palaeogeruchs. – Erlanger geol. Abh., **101**; Erlangen.

SCHWARZBACH, M. (1974): Das Klima der Vorzeit. – Stuttgart (F. Enke).

STREIM, W. (1960): Geologie der Umgegend von Beilngries (Südliche Frankenalb). – Erlanger geol. Abh., **36**; Erlangen.

STREIM, W. (1972): Gutachten Erholungsschwerpunkt Kratzmühle (unveröffentlicht).

TILLMANNS, W. (1977): Zur Geschichte von Urmain und Urdonau zwischen Bamberg, Neuburg/Donau und Regensburg. – Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, **30**; Köln.

WAGNER, G. (1960): Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte. – Öhringen (F. Rau).

WHITNEY, M. I. & DIETRICH, R. V. (1973): Ventifact Sculpture by Windblown Dust. – Geol. Soc. Amer. Bull., **84** (8); New York.